

化 学

必要があれば、次の値を用いなさい。

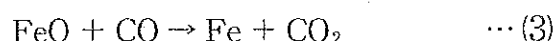
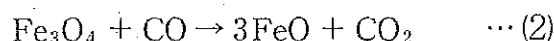
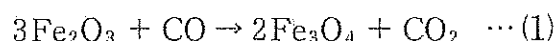
原子量：H=1.0, C=12.0, N=14.0, O=16.0, Fe=55.9

理想気体 1 mol の体積（標準状態, 0℃, 1013 hPa）：22.4 L

計算では、気体は理想気体と仮定しなさい。

1 次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。（配点 20）

金や白金は単体として産出されるが、鉄は酸化物として存在することが多い。鉄
① 鉱石には主成分が Fe_3O_4 である ア や主成分が Fe_2O_3 である イ が
ある。鉄鉱石を溶鉱炉の中でコークスと石灰石存在下で 2000℃ 近くの高温にし、
生成した ウ により還元すると鉄が得られる。このとき、 Fe_2O_3 , Fe_3O_4
から(1)～(3)式の反応によって単体の Fe が得られる。



鉄は希硫酸と反応し エ を発生して溶け、淡緑色水溶液となる。この水溶
液から水を蒸発させると、淡緑色の固体 A を得ることができ、これは空気
中で放置すると黄褐色になる。また鉄に塩酸を作用させた場合も エ を発生
して溶け、この水溶液に塩素を通じた後にこの水溶液を濃縮すると黄褐色の化合物
B の結晶が得られる。この結晶は潮解性を示す。化合物 B の水溶
液を沸騰水に加えると赤褐色の溶液ができる。この溶液ではチンダル現象が観察さ
れるので、この溶液は オ 溶液である。

問 1 ～ に適切な語句を入れなさい。

問 2 と に適切な化合物の和名を入れなさい。また、それぞれの化合物に含まれる鉄原子の酸化数を記入しなさい。

問 3 下線部①のように金や白金は単体として産出されるが、鉄は酸化物として存在することが多い理由を説明しなさい。

問 4 (1)～(3)式にしたがって Fe_2O_3 から 5.59 g の単体の鉄を得るためには標準状態で理論上何 L の CO を必要とするか、有効数字 2 桁で答えなさい。計算過程も示しなさい。

問 5 下線部②の反応の反応式を書きなさい。

2 酢酸に関する次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(配点 20)

酢酸を水に溶かした場合、一部の分子が電離して酢酸イオン CH_3COO^- と水素イオン H^+ を生じる。これを化学反応式で書くと、



となる。酢酸の電離定数 K_a は(2)式で表すことができる。

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \dots (2)$$

溶かした酸の全物質質量に対する電離した酸の物質質量の割合を電離度 α という。電離度 α の値は、酸の種類や濃度、温度によって異なる。図に(a)塩化水素と(b)酢酸について、ある温度における電離度 α の濃度依存性を表すグラフを示した。グラフ上の任意の座標 (c_1, α_1) が、 $(c_1, 0)$ 、 $(0, \alpha_1)$ 、原点とつくる長方形の面積 S は ア に相当する。

塩化水素は水によく溶け、その水溶液(塩酸)は強い酸性を示す。この場合、電離度 α は濃度によらず 1 に近い。一方、酢酸の電離度 α は、濃度が小さくなると 1 に近づくが、濃度が大きくなると 0 に近づく。 ①

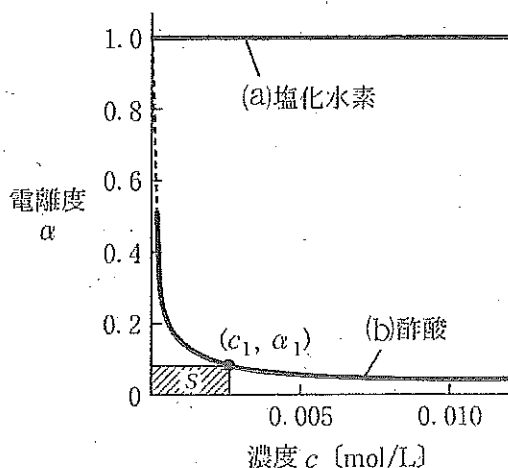


図 電離度 α の濃度依存性

問 1 文中の ア にあてはまる適切な語句を次の選択肢から選び、記号で答えなさい。

- (a) 水溶液中の酢酸イオンの濃度 (b) 水溶液中の酢酸の濃度
(c) 水溶液中の酢酸の質量モル濃度 (d) 凝固点降下度

問 2 下線部①について、酢酸の濃度 c が $2 \times K_a$ [mol/L] の場合の電離度 α を有効数字 1 桁で答えなさい。

問 3 下線部②について、酢酸の濃度 c が $1 \times 10^4 \times K_a$ [mol/L] の場合の電離度 α を有効数字 1 桁で答えなさい。

問 4 酢酸はベンゼンなどの有機溶媒にも溶ける。ベンゼンに溶かした際、一部の酢酸分子は会合し二量体を形成する。二量体内の酢酸分子間に生じる結合の名称を次の選択肢の中から一つ選び、記号で答えなさい。

- (a) 共有結合 (b) 水素結合 (c) イオン結合
(d) 金属結合 (e) アミド結合 (f) 配位結合

3 次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(配点 20)

2 分子の X が分解して、Y と Z が各 1 分子生成する反応 (反応式 $2X \rightarrow Y + Z$) を、図のようなピストンをもつ円筒形の容器を用いて行う。ピストンの高さが 30 cm のとき、容器内の体積は 2.0 L である。ピストンの高さによらず X、Y、Z は全て気体である。なお、逆反応は考えなくてもよい。

X の分解速度 v [mol/(L·s)] は、X の濃度 $[X]$ [mol/L] の 2 乗に比例する。すなわち、反応速度定数 k [L/(mol·s)] を用いて、 v を(1)式のように表すことができる。

$$v = k [X]^2 \dots (1)$$

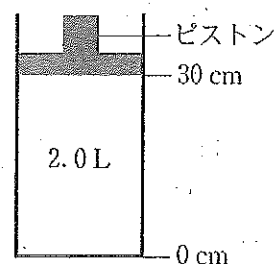


図 反応に用いる容器

この反応に関する以下の文章 (I) ~ (III) において、反応に用いる X の物質量は、0.200 mol であり、反応開始時の容器内には X のみが存在した。ピストンは設定した高さに固定して、反応中に動かないようにした。また、反応中の容器内の温度は反応開始時と同じに保たれていた。反応開始直後の X の濃度は、初濃度と同じとみなしてよい。

- (I) ピストンの高さが 30 cm のとき、表に示すように、時間の経過とともに X の濃度①が変化した。なお、反応開始直後の X の分解速度は、 1.0×10^{-3} mol/(L·s) であった。表より、20 秒から 40 秒の間の X の平均分解速度は、
 mol/(L·s) であり、80 秒から 100 秒の間の Y の平均生成速度は、
 mol/(L·s) である。反応時間が 100 秒の時に容器内に存在する Y の物質量は、
 mol である。

表 X の濃度の時間変化

時間 [s]	X の濃度 $[X]$ [mol/L]
0	0.100
20	0.0834
40	0.0714
60	0.0625
80	0.0560
100	0.0500

(Ⅱ) ピストンの高さが 30 cm と 25 cm のときの反応開始直後における X の分解速度 $[\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})]$ をそれぞれ v_1 と v_2 とすると、 v_2/v_1 は エ となる。なお、反応開始時の温度は同じであり、(1)式の k は圧力に依存しないものとする。

(Ⅲ) ピストンの高さが 30 cm のとき、反応開始時の温度が高い方が反応開始直後の X の分解速度が大きくなる。これは、温度が高い方が、オ を超える分子の割合が増えるためである。

問 1 下線①より、 k の値を有効数字 2 桁で求めなさい。

問 2 ア ～ エ にあてはまる適切な数値を有効数字 2 桁で求めなさい。

問 3 下線②について、温度が 10°C 上昇するごとに X の分解速度が 3 倍になる場合、温度が 40°C 上昇すると、X の分解速度は初めの速度の何倍になるか、整数で答えなさい。

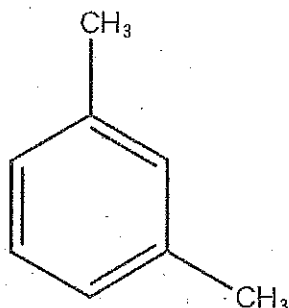
問 4 オ にあてはまる適切な語句を答えなさい。

4 次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(配点 20)

フェノールは、水酸化ナトリウム水溶液と反応して A を生成する。A を高温・高圧下で二酸化炭素と反応させ、続いて硫酸で処理すると B が生成する。B を無水酢酸と反応させると解熱鎮痛剤として用いられる C が生成し、B をメタノール中で濃硫酸を加えて加熱すると消炎鎮痛剤として用いられる D が生成する。

問 1 化合物 A, B, C, D の構造式を、例にならって示しなさい。

例



問 2 C, D の化合物名を書きなさい。

問 3 上記の反応の B の生成過程において、フェノールと B が混合したジエチルエーテルの溶液がある。この混合溶液からフェノールと B のそれぞれを下記の薬品のいずれかを用いて、分液ロートによる分離操作で効率的に取り出した。次ページの図の分離操作のフローチャート中の下線で示した操作において、最も有効な(ア)、(イ)の薬品名および分離できた(ウ)、(エ)の化合物名を書きなさい。

薬品：メタノール、無水酢酸、希塩酸、水酸化ナトリウム水溶液、

炭酸水素ナトリウム水溶液、アンモニア水、食塩水

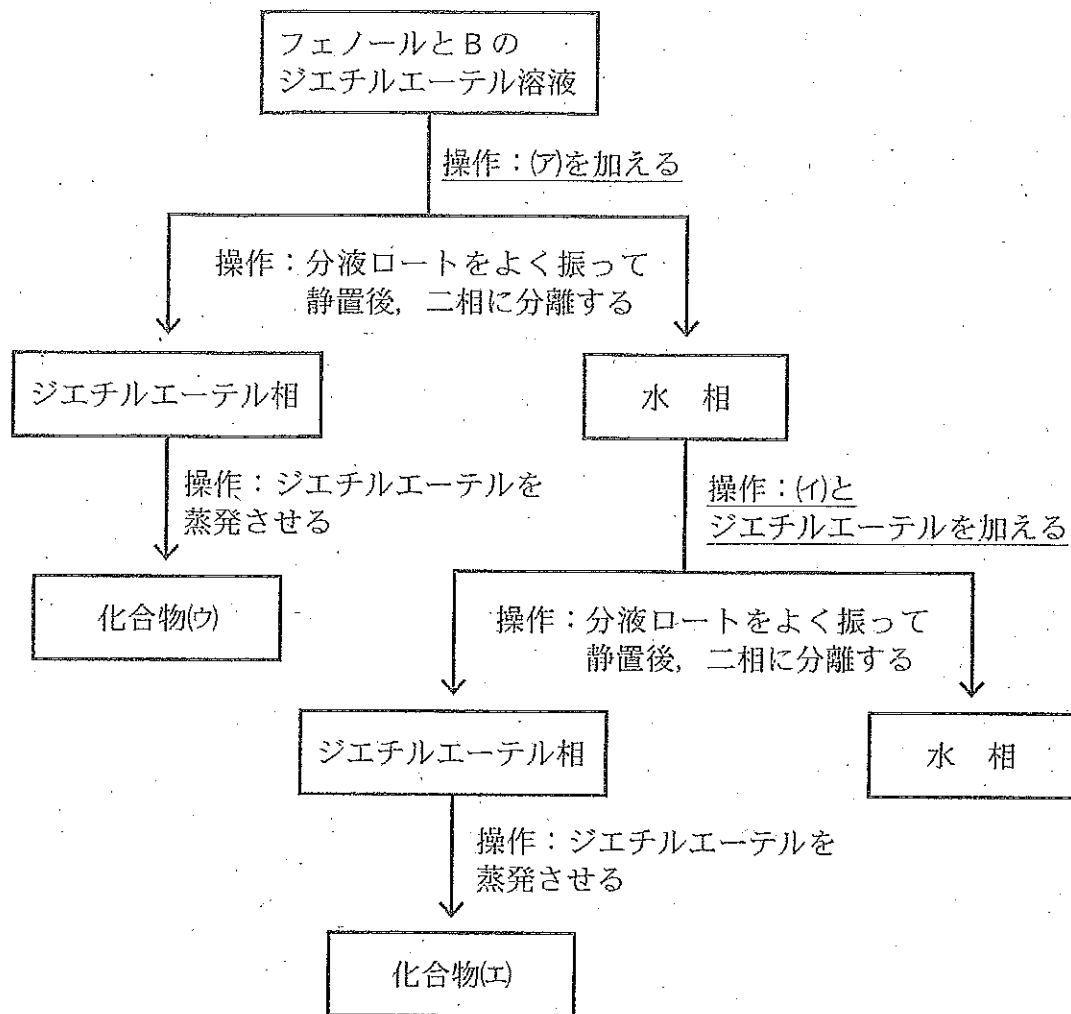
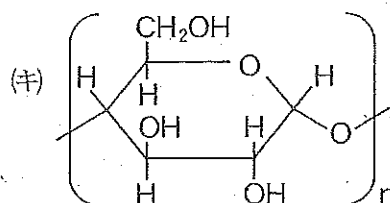
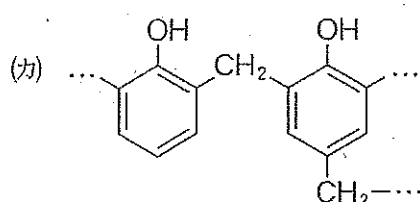
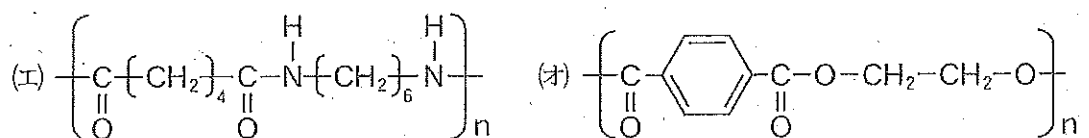
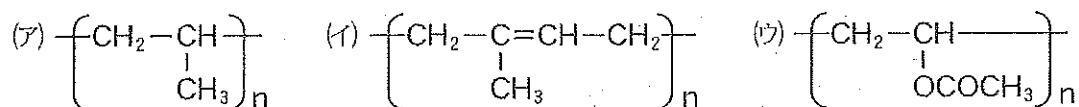


図 分離操作のフローチャート

5 次の化学構造の高分子化合物(ア)～(キ)について、後の問いに答えなさい。(配点 20)



問 1 水溶液にヨウ素－ヨウ化カリウム溶液（ヨウ素溶液）を加えると青紫色を呈するものを高分子化合物(ア)～(キ)の中から 1 つ選び、その記号と名称を答えなさい。

問 2 硫黄を加えて加熱すると弾性ゴムになるものを高分子化合物(ア)～(キ)の中から 1 つ選び、その記号と名称を答えなさい。

問 3 完全燃焼させたとき、二酸化炭素と水が重量比 44 : 18 の割合で生じるものを高分子化合物(ア)～(キ)の中から 1 つ選び、その記号と名称を答えなさい。

問 4 (エ)は 2 種類の単量体が縮合反応を繰り返して得られる高分子化合物である。その縮合反応において水が脱離する場合、該当する 2 種類の単量体の名称を答えなさい。

問 5 (ウ)を完全にけん化すると高分子化合物 A が得られる。これを繊維状に成型し、ホルムアルデヒドを用いて部分的にアセタール化すると合成繊維 B が得られる。

- (1) A の化学構造を、前ページの(ア)～(キ)にならって示しなさい。
- (2) B の名称を答えなさい。
- (3) A の官能基の 30% をアセタール化して B を得るとする。理論上、172 g の(ウ)から何 g の B が得られるか、有効数字 2 桁で答えなさい。